屎肠球菌 SF68 对断奶仔猪生长性能、血常规和血清生化指标及抗氧化性能的影响[1]

冯宝宝　方　伟　封飞飞　赵国琦　霍永久*

（扬州大学动物科学与技术学院, 扬州 225009）

摘　要：本试验旨在研究饲粮中添加屎肠球菌 SF68 对断奶仔猪生长性能、血常规和血清生化指标及抗氧化性能的影响。选取 90 头 21 日龄体重[（6.57±0.08） kg]相近的“杜洛克×长白猪×大约克”三元杂交去势断奶仔猪，随机分为 4 个组，每组 3 个重复，每个重复 6 头猪（公母各占 1/2）。对照组（CON 组）饲喂基础饲粮，抗生素组（ANT 组）在基础饲粮中添加 0.007 5%的金霉素和 0.02%的硫酸抗敌素，抗生素+低剂量屎肠球菌组（ALEF 组）在基础饲粮中添加 0.007 5%的金霉素、0.02%的硫酸抗敌素和 0.01%的屎肠球菌 SF68，低剂量屎肠球菌组（LEF 组）在基础饲粮中添加 0.01%的屎肠球菌 SF68，高剂量屎肠球菌组（HEF 组）在基础饲粮中添加 0.05%的屎肠球菌 SF68。试验期 21 d。结果表明：1）各组之间断奶仔猪的平均日增重（ADG）、平均日采食量（ADFI）、料重比（F/G）和和腹泻指数无显著差异（P>0.05）。ALEF、LEF 组腹泻指数相比 CON 组分别降低了 65%和 67%。2）LEF 组血液中平均血红蛋白含量（MCH）、平均红细胞体积（MCV）和淋巴细胞百分比显著或极显著高于 CON 组（P<0.05 或 P<0.01）。3）ALEF 组血清中总胆汁酸（TBA）含量显著低于 HEF 组（P<0.05），ALEF 组血清中乳酸脱氢酶（LDH）活性显著高于 HEF 组（P<0.05），

收稿日期：2017-10-02

基金项目：江苏省重点研发计划现代农业项目（BE2015329）；扬州市-扬州大学产学研合作专项（YZ2016256）

作者简介：冯宝宝（1994—），女，河北沧州人，硕士研究生，从事猪营养、生产与环境研究。E-mail: fengbaobao1994@163.com

*通信作者：霍永久，副教授，硕士生导师，E-mail: yjhuo@yzu.edu.cn

LEF 组血清中胆碱酯酶（CHE）活性显著高于 CON 组和 HEF 组（$P<0.05$）。4）ALEF 组和 LEF 组血清中过氧化氢（H_2O_2）含量显著或极显著高于 CON 组、ANT 组和 HEF 组（$P<0.05$ 或 $P<0.01$），ALEF 组和 HEF 组肝脏中超氧化物歧化酶（SOD）活性、总抗氧化能力（T-AOC）显著高于 CON 组（$P<0.05$）。ANT 组、ALEF 组、LEF 组和 HEF 组空肠中 H_2O_2 含量显著或极显著低于 CON 组（$P<0.05$ 或 $P<0.01$），ALEF 组空肠中 SOD 活性显著高于 ANT 组、LEF 组和 HEF 组（$P<0.05$）。ANT 组、ALEF 组、LEF 组和 HEF 组回肠中 SOD 活性显著或极显著高于 CON 组（$P<0.05$ 或 $P<0.01$），丙二醇（MDA）含量显著或极显著低于 CON 组（$P<0.05$ 或 $P<0.01$）。由此可见，饲粮中添加屎肠球菌 SF68 可提高断奶仔猪生长性能，减少腹泻，改善血液生理生化指标，增强动物机体氧气运输的能力，提高机体免疫力，调节脂代谢和能量代谢，增强机体的抗氧化性能，并且 LEF 组作用效果要优于 HEF 组，但是混合添加抗生素和屎肠球菌 SF68 要比单独添加屎肠球菌作用效果好。

关键词：屎肠球菌；断奶仔猪；生长性能；血常规指标；血清生化指标；抗氧化性能

中图分类号：S828

在仔猪生产中，为了防病治病，抗生素作用功不可没。但抗生素在仔猪养殖中的大量和广泛使用，甚至滥用，给人类带来了严重的不良后果。抗生素的不科学应用会使病原菌产生耐药性，并造成药物残留及污染环境等问题，甚至诱发人和动物的癌症和畸变，危害人类的健康和安全[1-2]。因此，研究或寻找新的抗生素替代品、发展绿色畜牧业、生产绿色动物食品已成为国内外动物营养领域的研究热点之一。益生菌是一类含有活菌的生物制剂，因其具有安全可靠、无残留、无抗药性、不污染环境等优点而倍受关注[3]。益生菌可以通过分泌的有机酸、细菌素、维生素、消化酶等代谢产物来降低肠道的pH，抑制有害菌生长，优化肠道的菌群结构，刺激动物肠道黏膜免疫，提高动物机体对疾病的抵抗能力，从而达到提高动物生长性能的目的。屎肠球菌（*Enterococcus faecium*）属于乳酸杆菌属，是哺乳动物胃肠内正常的有益菌，具有在动物肠道内产生有机酸、细菌素和过氧化氢（H_2O_2）等[4]优良的生物

学特性；屎肠球菌还可促进消化酶的分泌[5]，改善蛋白质、脂肪和能量的代谢，提高饲料转化率[6]；并且能与致病菌竞争，抑制有害菌的繁殖[7]；改善肠道内环境，调整胃肠道菌群平衡[8]；增强抗氧化能力[9]；提高机体免疫力[10]。屎肠球菌在断奶仔猪上的应用研究还较少，对抗氧化的研究也主要集中在对血清和体外培养的细胞抗氧化水平的研究上[11-13]。因此，本试验主要在断奶仔猪的基础饲粮中添加不同水平的屎肠球菌SF68，探讨屎肠球菌SF68对断奶仔猪生长性能、血常规和血清生化指标及抗氧化性能的影响，为其在仔猪生产中科学应用提供部分参考依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

屎肠球菌 SF68（NCMIB10415）由滨海普润生物科技有限公司提供，有效含量为 1.0×10^{10} CFU/g。

1.2　试验设计与饲养管理

试验选用 21 日龄体重[（6.57±0.08） kg]相近的“杜洛克×长白猪×大约克”三元杂交断奶仔猪，随机分为 5 个组，每组 3 个重复，每个重复 6 头猪，公母各占 1/2。对照组（CON 组）饲喂基础饲粮，抗生素组（ANT 组）在基础饲粮中添加 0.007 5%的金霉素和 0.02%的抗敌素（金霉素有效含量为 15%，抗敌素有效含量为 10%），抗生素+低剂量屎肠球菌组（ALEF 组）在基础饲粮中添加 0.007 5%的金霉素、0.02%的抗敌素和 0.01%屎肠球菌 SF68，低剂量屎肠球菌组（LEF 组）和高剂量屎肠球菌组（HEF 组）分别在基础饲粮中添加 0.01%和 0.05%的屎肠球菌 SF68。基础饲粮为参照 NRC（2012）猪营养需要配制的粉状配合饲料，基础饲粮组成及营养水平见表 1。试验期 21 d。试验在苏州市太仓金诸种猪场进行，试验过程中猪自由采食和饮水，防疫消毒程序按猪场管理规定执行。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)　　%

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	67.00
麸皮 Wheat bran	4.00
豆粕 Soybean meal	25.00
石粉 Limestone	1.47
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.00
赖氨酸 Lys	0.13
L-苏氨酸 *L*-Thr	0.01
色氨酸 Trp	0.01
植酸酶 Phytase	0.01
食盐 NaCl	0.35
沸石粉 Zeolite powder	0.52
预混料 Premix[1)]	0.50
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]	
消化能 DE/(MJ/kg)	13.34
粗蛋白质 CP	16.6
钙 Ca	0.92
总磷 TP	0.64
赖氨酸 Lys	0.92
蛋氨酸 Met	0.26
蛋氨酸＋半胱氨酸 Met＋Cys	0.58
苏氨酸 Thr	0.52
色氨酸 Trp	0.19

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet：VA 1 100 000 IU，VD_3 110 000 IU，VE 8 000 mg，VK_3 250 mg，VB_1 500 mg，VB_2 1 750 mg，VB_{12} 7.5 mg，VB_6 3 100 mg，胆碱 choline 200 mg，泛酸 pantothenic acid 15 000 mg，叶酸 folic acid 150 mg，Fe (as ferrous sulfate) 3 400 mg，Cu (as copper sulfate) 2 000 mg，Zn (as zinc sulfate) 3 000 mg，Mn (as manganese sulfate) 1 000 mg，Se (as sodium

selenite) 100 mg，I (as potassium iodide) 50 mg。

[2)] 营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

1.3 测定指标与方法

1.3.1 生长性能

分别在试验开始日（21 日龄）、试验结束日（42 日龄）空腹 12 h 情况下对仔猪逐只称重，记录初重、末重，计算平均日增重（ADG）；每天以重复为单位记录饲料消耗量，计算平均日采食量（ADFI）、料重比（F/G）。

1.3.2 腹泻指数

每天 14:00 逐只观察仔猪腹泻情况，按干、软、稀、水样分成 0、1、2、3 级来记录粪便情况，腹泻指数评分标准见表 2。同时结合精神状态、圈内粪便情况、肛门情况（肛门处有无粪便污染或红肿）判断记录腹泻仔猪头数和持续时间，计算腹泻指数：

腹泻指数=腹泻评分之和/试验猪总头数。

表 2　腹泻指数评分标准

Table 2　Scoring standard of diarrhea index

腹泻程度 Diarrhea degree	粪便外观 Excrement shape	腹泻评分 Diarrhea score
正常 Normal	正常，圆柱形	0
轻度 Light	稀软，有形	1
中度 Middle	黏稠，不成形，水分含量高	2
重度 Severity	液态，不成形，水样稀粪	3

1.3.3 血常规、血清生化及血清、肝脏、空肠和回肠抗氧化指标

试验结束时从每组的每个重复中随机选取 2 头猪共 30 头进行屠宰，前腔静脉采血，分离血清，测定血常规、血清生化、抗氧化指标。仔猪屠宰后迅速剪取肝脏样品，刮取空肠和回肠黏膜，液氮临时冻存，然后-80 ℃保存，待测抗氧化指标。

血常规指标使用全自动五分类血液细胞分析仪进行测定，血清生化指标使用全自动生化分析仪进行测定。血清、肝脏、空肠、回肠中的还原型谷胱甘肽（GSH）、H_2O_2、丙二醛

（MDA）含量和超氧化物歧化酶（SOD）、过氧化氢酶（CAT）、谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）活性以及总抗氧化能力（T-AOC），均采用南京建成生物工程研究所提供的试剂盒测定；并采用上海碧云天生物技术有限公司提供的试剂盒测定血清、肝脏、空肠和回肠中蛋白质浓度，以蛋白质浓度来标定上述抗氧化指标。

1.4　数据处理与统计分析

试验数据用 Excel 2013 进行整理，用平均值±标准误（mean±SE）表示，采用 SPSS 22.0 软件进行统计分析。采用 one-way ANOVA 程序进行方差分析，LSD 法进行多重比较，以 $P<0.05$ 作为差异显著标准，以 $P<0.01$ 作为差异极显著标准。

2　结　果

2.1　屎肠球菌 SF68 对断奶仔猪生长性能和腹泻指数的影响

由表 3 可知，各组之间断奶仔猪的 ADG、ADFI、F/G 和腹泻指数均无显著差异($P>0.05$)。ALEF 组、LEF 组、HEF 组断奶仔猪的 ADG 相比于 CON 组分别提高了 18.40%、4.59%、10.12%，ALEF 组、LEF 组断奶仔猪的 ADFI 相比于 CON 组分别提高了 8.74%、0.55%，ALEF 组、LEF 组、HEF 组断奶仔猪的 F/G 相比于 CON 组分别降低了 12.29%、7.82%、14.52%。ALEF 组腹泻指数相比 CON 组降低了 65%，LEF 组腹泻指数相比于 CON 组降低了 67%。

表 3　屎肠球菌 SF68 对断奶仔猪生长性能和腹泻指数的影响

Table 3　Effects of *Enterococcus faecium* SF68 on growth performance and diarrhea index of weaned piglets

项目	组别 Groups				
Items	CON	ANT	ALEF	LEF	HEF
平均日增重 ADG/(g/d)	151.43±15.16	174.59±16.53	179.29±11.71	158.38±11.52	166.75±13.95
平均日采食量 ADFI/(g/d)	258.04±23.52	253.68±21.54	280.58±5.86	259.47±14.41	252.91±21.11
料重比 F/G	1.79±0.23	1.47±0.07	1.57±0.08	1.65±0.08	1.53±0.02
腹泻指数 Diarrhea index	4.72±2.12	2.64±0.84	1.67±0.10	1.56±0.36	3.50±0.35

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$），不同大写字母表示差异极显著（$P<0.01$），相

同或无字母表示差异不显著（$P>0.05$）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), and with different capital letter superscripts mean significant difference ($P<0.01$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). The same as below.

2.2　屎肠球菌 SF68 对断奶仔猪血常规指标的影响

由表 4 可知，LEF 组血液中平均血红蛋白含量最高，显著高于其他各组($P<0.05$)。LEF 组血液中平均红细胞体积最高，显著高于 CON 组、ANT 组和 ALEF 组($P<0.05$)。LEF 组血液中淋巴细胞百分比最高，极显著高于 CON 组($P<0.01$)。各组之间其他血常规指标无显著差异（$P>0.05$）。

表 4　屎肠球菌 SF68 对断奶仔猪血常规指标的影响

Table 4　Effects of *Enterococcus faecium* SF68 on blood routine indexes of weaned piglets

项目	组别 Groups				
Items	CON	ANT	ALEF	LEF	HEF
血红蛋白 HGB/(g/L)	92.67±6.87	99.33±7.54	100.67±6.84	103.00±5.92	103.17±5.58
平均血红蛋白含量 MCH/pg	16.95±0.41^{b}	17.25±0.55^{b}	16.87±0.15^{b}	18.65±0.46^{a}	17.32±0.49^{b}
平均血红蛋白浓度 MCHC/(g/L)	288.00±2.72	290.50±4.53	290.17±3.75	290.83±3.59	283.67±7.03
红细胞计数 RBC/(10^{12}/L)	5.45±0.29	5.72±0.33	5.98±0.44	5.53±0.66	5.96±0.27
红细胞压积 HCT/%	32.12±2.12	34.30±2.70	34.80±2.56	35.37±1.57	36.50±2.20
平均红细胞体积 MCV/fL	59.00±0.93^{b}	59.67±2.33^{b}	58.33±0.95^{b}	64.33±1.69^{a}	61.17±1.11^{ab}
红细胞分布宽度 RDW/%	17.62±0.42	17.80±1.22	17.72±1.47	17.17±0.59	17.07±0.23
平均血小板体积 MPV/fL	9.32±0.78	9.27±0.43	8.33±0.45	7.58±1.51	8.97±0.29
血小板压积 PCT/%	0.36±0.11	0.20±0.04	0.26±0.08	0.30±0.12	0.36±0.11
白细胞计数 WBC/(10^{9}/L)	28.55±5.17	19.11±2.58	18.72±2.40	26.22±4.60	20.68±2.73
中性粒细胞百分比 NEUT percentage/%	44.97±6.50	34.43±6.47	37.35±5.79	33.87±2.91	38.32±2.43

中性粒细胞数量 NEUT number/(10^9/L)	13.60±3.05	7.32±1.87	7.47±1.51	8.48±1.19	8.80±1.90
淋巴细胞数量 LYM number/(10^9/L)	12.98±3.13	10.32±1.58	9.80±1.64	16.80±3.75	11.33±1.49
淋巴细胞百分比 LYM percentage/%	43.47±4.18^{Bb}	53.52±4.62^{ABab}	50.81±4.46^{ABab}	62.52±2.97^{Aa}	56.20±5.09^{ABab}
嗜酸细胞百分比 BASO percentage/%	1.65±0.54	1.43±0.42	1.57±0.47	1.53±0.75	0.97±0.16
嗜酸细胞数量 BAOS number/(10^9/L)	0.41±0.11	0.25±0.65	0.31±0.12	0.42±0.10	0.18±0.25
嗜碱细胞百分比 EO percentage/%	0.58±0.10	1.52±0.42	0.98±0.13	1.00±0.48	0.77±0.26
嗜碱细胞数量 EO number/(10^9/L)	0.15±0.02	0.32±0.10	0.18±0.04	0.24±0.09	0.14±0.04

2.3　尿肠球菌 SF68 对断奶仔猪血清生化指标的影响

由表 5 可知，ALEF 组血清中总胆汁酸含量最低，显著低于 HEF 组（$P<0.05$）；ALEF 组血清中乳酸脱氢酶（LDH）活性最高，显著高于 HEF 组（$P<0.05$）；LEF 组血清中胆碱酯酶（CHE）活性最高，显著高于 CON 组和 HEF 组（$P<0.05$）。各组之间其他血清生化指标无显著差异（$P>0.05$）。

表 5　尿肠球菌 SF68 对断奶仔猪血清生化指标的影响

Table 5　Effects of *Enterococcus faecium* SF68 on serum biochemical indexes of weaned piglets

项目 Items	组别 Groups CON	ANT	ALEF	LEF	HEF
丙氨酸氨基转移酶 ALT/(U/L)	90.83±17.18	88.83±10.59	102.17±8.53	73.83±8.50	86.67±12.27
L-r 谷氨酰基转移酶 L-r GGT/(U/L)	51.80.67±7.11	56.33±7.64	61.33±10.55	56.17±5.19	47.33±4.82
总胆红素 TBIL/(μmol/L)	0.52±0.15	0.42±0.11	0.65±0.22	1.12±0.44	0.62±0.20

总蛋白 TP/(g/L)	51.05±1.98	49.52±1.38	51.27±1.78	54.50±2.25	50.00±1.91
白蛋白 ALB/(g/L)	26.12±1.11	26.13±0.92	27.92±0.82	29.23±1.36	28.00±1.41
球蛋白 GLOB/(g/L)	24.93±1.74	23.38±1.06	23.35±1.20	25.27±1.75	22.00±1.63
白球比 A/G	1.07±0.09	1.13±0.07	1.21±0.06	1.19±0.10	1.31±0.11
总胆汁酸 TBA/(μmol/L)	19.55±3.84^{b}	34.52±4.91^{ab}	16.92±3.31^{b}	30.80±10.20^{ab}	44.80±12.98^{a}
肌酐 CREA/(μmol/L)	67.00±3.60	71.67±4.36	71.00±1.93	62.33±5.96	69.50±2.16
乳酸脱氢酶 LDH/(U/L)	1 267.50±214.65^{ab}	1 252.67±189.35^{ab}	1 965.83±325.38^{a}	1 617.17±315.08^{ab}	1 080.67±94.84^{b}
甘油三脂 TG/(mmol/L)	0.50±0.05	0.63±0.11	0.56±0.07	0.52±0.06	0.50±0.06
胆固醇 CHOL/(mmol/L)	2.04±0.08	2.02±0.11	2.24±0.10	2.26±0.11	2.10±0.12
高密度脂蛋白胆固醇 HDL-C/(mmol/L)	0.58±0.04	0.58±0.05	0.62±0.01	0.56±0.04	0.54±0.05
低密度脂蛋白胆固醇 LDL-C/(mmol/L)	0.97±0.03	1.01±0.06	1.12±0.07	1.17±0.06	1.04±0.08
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	5.25±0.22	5.94±0.75	4.69±0.30	5.77±0.44	5.05±0.60
胆碱酯酶 CHE/(U/L)	638.67±33.95^{b}	696.33±29.92^{ab}	689.83±66.39^{ab}	810.33±45.14^{a}	633.50±72.37^{b}

2.4 屎肠球菌 SF68 对断奶仔猪血清、肝脏、空肠、回肠抗氧化指标的影响

2.4.1 屎肠球菌 SF68 对断奶仔猪血清抗氧化指标的影响

由表 6 可知，ALEF 组、LEF 组血清中 H_2O_2 含量显著或极显著高于 CON 组、ANT 组和 HEF 组（P<0.05 或 P<0.01），HEF 组血清中 CAT 活性极显著低于 CON 组、ANT 组、ALEF 组和 LEF 组（P<0.01）。各组之间其他血清抗氧化指标无显著差异（P>0.05）。

表 6 屎肠球菌 SF68 对断奶仔猪血清抗氧化指标的影响

Table 6 Effects of *Enterococcus faecium* SF68 on serum antioxidant indexes of weaned piglets

项目 Items	组别 Groups				
	CON	ANT	ALEF	LEF	HEF
还原性谷胱甘肽 GSH/(μmol/L)	1.50±0.23	1.47±0.26	1.84±0.18	1.78±0.22	1.22±0.16
过氧化氢 H_2O_2/(mmol/L)	0.59±0.31^{BCb}	0.64±0.15^{BCb}	1.14±0.10^{Aa}	0.90±0.10^{ABa}	0.38±0.02^{Cb}
过氧化物酶 CAT/(U/L)	0.23±0.02^{Aa}	0.24±0.03^{Aa}	0.20±0.03^{Aa}	0.20±0.02^{Aa}	0.07±0.02^{Bb}

丙二醇 MDA/(nmol/L)	0.05±0.01	0.06±0.00	0.06±0.00	0.05±0.00	0.05±0.01
超氧化物歧化酶 SOD/(U/L)	0.72±0.05	0.74±0.18	0.59±0.18	0.72±0.14	0.77±0.12
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/L)	15.01±0.04	17.50±2.07	21.84±4.55	14.31±0.65	14.72±1.68
总抗氧化能力 T-AOC/(U/L)	0.07±0.01	0.07±0.01	0.07±0.01	0.07±0.00	0.07±0.00

2.4.2 屎肠球菌 SF68 对断奶仔猪肝脏抗氧化指标的影响

由表 7 可知，LEF 组肝脏中 H_2O_2 含量显著低于 ANT 组、ALEF 组和 HEF 组（P<0.05），LEF 组肝脏中 H_2O_2 含量极显著低于 CON 组（P<0.01）；ANT 组肝脏中 CAT 活性极显著高于其他各组（P<0.01）；ANT 组、ALEF 组和 HEF 组肝脏中 SOD 活性显著高于 CON 组（P<0.05）；ALEF 组和 LEF 组肝脏中 T-AOC 显著高于 CON 组(P<0.05)，HEF 组肝脏中 T-AOC 极显著高于其他各组(P<0.01)。各组之间其他肝脏抗氧化指标无显著差异(P>0.05)。

表 7 屎肠球菌 SF68 对断奶仔猪肝脏抗氧化指标的影响

Table 7 Effects of *Enterococcus faecium* SF68 on liver antioxidant indexes of weaned piglets

项目	组别 Groups				
Items	CON	ANT	ALEF	LEF	HEF
还原性谷胱甘肽 GSH/(μmol/g prot)	147.34±17.86	148.46±10.55	177.60±11.86	141.96±6.81	147.12±17.81
过氧化氢 H_2O_2/(mmol/g prot)	3.47±0.26^{Aa}	2.71±0.34^{ABa}	2.73±0.34^{ABa}	1.86±0.12^{Bb}	2.78±0.25^{ABa}
过氧化物酶 CAT/(U/mg prot)	62.30±5.35^{Bb}	88.61±5.76^{Aa}	61.29±3.56^{Bb}	60.16±5.46^{Bb}	63.24±3.41^{Bb}
丙二醇 MDA/(nmol/mg prot)	3.58±0.25	2.31±0.54	3.13±0.45	3.04±0.22	2.38±0.62
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mg prot)	102.42±6.12^{b}	119.47±3.49^{a}	124.01±5.90^{a}	108.16±6.56^{ab}	119.76±4.43^{a}
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/g prot)	68.56±2.63	70.13±5.26	83.38±69.61	80.89±11.30	70.29±8.40
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mg prot)	0.59±0.04^{Bc}	0.69±0.06^{Bbc}	0.81±0.08^{Bb}	0.79±0.06^{Bb}	1.10±0.04^{Aa}

2.4.3 屎肠球菌 SF68 对断奶仔猪空肠抗氧化指标的影响

由表 8 可知，ANT 组、ALEF 组、LEF 组和 HEF 组空肠中 H_2O_2 含量显著或极显著低于 CON 组（P<0.05 或 P<0.01），ANT 组空肠中 MDA 含量显著低于其他各组（P<0.05），ALEF 组空肠中 SOD 活性显著高于 ANT 组、LEF 组和 HEF 组（P<0.05）。各组之间其他空肠抗氧化指标无显著差异（P>0.05）。

表 8　尿肠球菌 SF68 对断奶仔猪空肠抗氧化指标的影响

Table 8　Effects of *Enterococcus faecium* SF68 on jejunum antioxidant indexes of weaned piglets

项目	组别 Groups				
Items	CON	ANT	ALEF	LEF	HEF
还原性谷胱甘肽 GSH/(μmol/g prot)	69.36±22.55	48.66±2.88	74.97±14.36	86.72±25.53	52.33±6.00
过氧化氢 H_2O_2/(mmol/g prot)	6.75±0.66^{Aa}	2.28±0.26^{Bb}	3.02±0.45^{Bb}	3.68±1.38^{ABb}	2.61±0.46^{Bb}
过氧化物酶 CAT/(U/mg prot)	6.40±1.39	4.18±0.23	6.13±1.03	7.34±2.34	5.71±1.64
丙二醇 MDA/(nmol/mg prot)	0.50±0.08^{a}	0.18±0.03^{b}	0.54±0.10^{a}	0.53±0.11^{a}	0.52±0.10^{a}
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mg prot)	109.40±2.70^{ab}	69.23±5.70^{c}	124.04±12.69^{a}	76.65±21.60^{bc}	75.88±10.63^{bc}
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/g prot)	28.62±1.73	23.46±2.13	26.49±3.92	29.48±3.37	19.26±0.75
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mg prot)	1.35±0.21	1.02±0.03	1.58±0.38	0.99±0.27	1.68±0.35

2.4.4　尿肠球菌 SF68 对断奶仔猪回肠抗氧化指标的影响

由表 9 可知，HEF 组回肠中 GSH 含量显著或极显著高于其他各组（P<0.05 或 P<0.01），ANT 组、LEF 组回肠中 GSH 含量显著高于 ALEF 组（P<0.05）；CON 组回肠中 MDA 含量显著或极显著高于其他各组（P<0.05 或 P<0.01）；ANT 组回肠中 SOD 活性显著高于 CON 组（P<0.05），ALEF 组、LEF 组、HEF 组回肠中 SOD 活性极显著高于 CON 组（P<0.01），HEF 组回肠中 SOD 活性极显著高于其他各组（P<0.01）。各组之间其他回肠抗氧化指标无显著差异（P>0.05）。

表 9　尿肠球菌 SF68 对断奶仔猪回肠抗氧化指标的影响

Table 9　Effect of *Enterococcus faecium* SF68 on ileum antioxidant indexes of weaned piglets

项目	组别 Groups				
Items	CON	ANT	ALEF	LEF	HEF
还原性谷胱甘肽 GSH/(μmol/g prot)	45.21±4.38^{Bbc}	52.83±5.87^{ABb}	37.84±1.74^{Bc}	57.79±4.24^{ABb}	71.27±5.38^{Aa}
过氧化氢 H_2O_2/(mmol/g prot)	4.95±1.15	4.93±1.48	3.69±0.36	4.36±0.88	5.13±1.27
过氧化物酶 CAT/(U/mg prot)	5.78±1.59	6.34±1.65	7.19±1.58	7.67±2.40	7.18±1.73
丙二醇 MDA/(nmol/mg prot)	2.34±0.46^{Aa}	0.66±0.07^{Bb}	0.84±0.12^{Bb}	1.05±0.24^{Bb}	1.35±0.44^{ABb}
超氧化物歧化酶 SOD/（U/mg prot）	36.44±4.25^{Cc}	55.54±1.59^{BCb}	65.37±5.46^{Bb}	66.75±6.64^{Bb}	95.87±9.22^{Aa}

谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/g prot)	27.36±1.91	17.49±1.36	32.06±3.91	28.48±8.79	22.43±2.98
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mg prot)	1.25±0.06	1.58±0.29	1.97±0.57	2.04±0.62	1.16±0.29

3 讨 论

3.1 屎肠球菌 SF68 对断奶仔猪生长性能和腹泻指标的影响

断奶是仔猪生产环节中一个关键的过渡时期。由于饲料营养成分、形态及生理状态的改变，必然会给断奶仔猪生长发育造成一系列不良影响，主要表现在消化不良、生长缓慢、抵抗力下降，并引发仔猪腹泻。

屎肠球菌在畜禽上主要用来调节肠道微生物菌群平衡，从而减少腹泻和促进生长[14]。Zeyner 等[15]研究发现，口服屎肠球菌 SF68 能够显著减少哺乳期仔猪的腹泻率，并增加 ADG。Giang 等[16]研究表明，添加含有屎肠球菌的复合乳酸菌制剂能够显著增加断奶仔猪断奶后 1～2 周生长阶段的 ADG、ADFI 和饲料转化率（FCR），但对断奶后 3～5 周生长阶段的 ADG、ADFI 和 FCR 无显著影响。Huang 等[17]的研究发现，复合乳酸杆菌能够降低仔猪腹泻率和腹泻指数。Mallo 等[18]研究发现，屎肠球菌 CECT4515 可有效增加断奶仔猪回肠、盲肠中的乳酸杆菌数量，减少大肠杆菌数量，从而降低腹泻率。本研究也得到相似的结果，屎肠球菌 SF68 具有促进仔猪生长并减少断奶仔猪腹泻的作用。但屎肠球菌 SF68 的这种作用效果并不显著，可能是由于屎肠球菌 SF68 对仔猪的作用效果主要体现在断奶后前 2 周，从断奶后第 3 周开始这种作用效果开始减弱。这和 Giang 等[16]的研究结果相似。腹泻指数在 LEF 组降至最低，HEF 组腹泻指数有所升高，这可能是由于屎肠球菌 SF68 添加水平太大，在一定程度上扰乱了肠道微生物区系的平衡；但 HEF 组 F/G 并未因此而升高，通过查看原始数据得知，HEF 组屎肠球菌 SF68 导致的腹泻率升高的原因主要集中在 2 头仔猪上，而 HEF 组共 18 头仔猪，说明屎肠球菌 SF68 可能只是引起个别猪只的腹泻，但从整体水平来看，饲粮添加屎肠球菌 SF68 对断奶仔猪腹泻是有缓解作用的。ALEF 组相比于 CON 组能够有效降低断奶仔猪的腹泻指数，且效果优于 ANT 组，而促生长效果和 ANT 组相近，可能

是由于饲粮添加屎肠球菌 SF68 能够减轻抗生素对断奶仔猪的不利影响。

3.2 屎肠球菌 SF68 对断奶仔猪血常规指标的影响

血液是动物体内环境重要的组成部分，血液中生理生化指标的改变可以反映动物机体或器官的代谢和健康状况[19]。血液中血红蛋白含量与机体抵抗力相关，且会随着机体健康状态的改变而改变[20]。血红蛋白是体内运载氧气和二氧化碳的主要载体，更高的血红蛋白浓度有利于氧的转运、新陈代谢能力的增强以及免疫功能的提升。血液中的淋巴细胞分为 T 淋巴细胞和 B 淋巴细胞，既参与细胞免疫又参与体液免疫，当有不良物质侵入时起到保护机体的作用。益生菌具有免疫刺激作用，从而影响免疫系统和宿主的健康[21]。从本次试验的数据来看，LEF 组血液中平均血红蛋白含量最高，且显著高于其他各组；LEF 组血液中淋巴细胞比例最高，显著高于 CON 组；所以基础饲粮中添加低剂量屎肠球菌 SF68 有助机体代谢并可增强机体抵抗力，对断奶仔猪有益。

3.3 屎肠球菌 SF68 对断奶仔猪血清生化指标的影响

血清总胆汁酸是胆固醇经肝组织代谢的最终产物，它的生成和代谢与肝脏有着十分密切的关系，健康动物血清中总胆汁酸含量较低且恒定，当肝细胞受损或胆道阻塞时会引起胆汁酸代谢障碍，含量升高[22]。本试验结果表明，ALEF 组血清中总胆汁酸含量最低，且显著低于 HEF 组，说明在基础饲粮中添加抗生素+低剂量屎肠球菌 SF68 可能对肝脏具有一定的保护作用；LDH 存在于机体各组织器官中，是参与糖酵解的一种重要的酶，与血清葡萄糖含量一样，血清中 LDH 活性是反映动物机体糖代谢的重要指标。本试验结果表明，ALEF 组血清中 LDH 活性最高，且显著高于 HEF 组，说明基础饲粮中添加抗生素+低剂量屎肠球菌 SF68 可以增强机体糖代谢能力，且效果优于其他各组；CHE 是肝细胞在血液中释放的一种生物酶，血清 CHE 活性是肝细胞损伤的敏感指标，是评估肝脏的合成和储备功能的重要指标[23]。若肝脏细胞出现大量死亡现象，则 CHE 活性降低，本试验中，LEF 组血清中 CHE 活性最高，且显著高于 CON 组。

3.4 尿肠球菌 SF68 对断奶仔猪抗氧化性能的影响

氧化还原反应是机体重要的生理生化反应，在这一过程中会产生大量的自由基等活性分子。适量的自由基对维持机体正常生理功能有着重要的作用，它可以促进甲状腺激素的合成，刺激吞噬细胞杀菌作用，而且可以调节信号的传导。但是，过量的自由基对重大的生物大分子如蛋白质、糖类、脂肪、核酸等具有极强的亲和能力，它会使这些大分子发生交联、断裂或者结构变化，导致机体正常的生理功能紊乱。由过量的自由基刺激产生的氧化损伤，被称作氧化应激。当人与动物长期处于应激状态时，就会引起一系列的疾病，如人的糖尿病、心血管病、炎症等[24]；对断奶仔猪的危害主要有降低了仔猪的生长性能、抗氧化性能和免疫力。

在动物机体中存在着抗氧化小分子、抗氧化大分子和酶等多种抗氧化物，用以清除动物体内氧化还原反应过程中所产生的各种活性氧，来阻止活性氧所诱导的氧化应激的产生。而SOD、CAT、GSH、GSH-Px、维生素 E（生育酚和生育三烯酚）、维生素 C 是机体先天的保护性抗氧化机制的重要组成部分[17]。本试验中，ALEF 组和 LEF 组血清中 H_2O_2 含量显著高于 CON 组，肝脏、空肠和回肠中 H_2O_2 含量低于 CON 组，说明 ALEF 组和 LEF 组可能处于一个较高的抗氧化水平阶段。GSH 是 GSH-Px 和谷胱甘肽转移酶（GST）2 种酶的底物，因此 GSH 为 2 种酶分解过氧化物免受氧化损伤所必需的。本试验数据显示，ALEF 组和 LEF 组的血清和空肠、ALEF 组的肝脏、LEF 组和 HEF 组的回肠中 GSH 含量较高；ALEF 组和 ANT 组的血清、ALEF 组和 LEF 组的肝脏、LEF 组和 CON 组的空肠、ALEF 组和 LEF 组的回肠中 GSH-Px 活性较高，表明血清、肝脏、空肠和回肠中 GSH 含量和 GSH-Px 活性较高的仔猪主要集中在 ALEF 组和 LEF 组中，因此我们得出在基础饲粮中添加低剂量的尿肠球菌 SF68 能更好地提高 GSH 含量，从而为 GSH-Px 提供更多的底物来减少过氧化物对细胞的氧化损伤。当动物机体发生氧化应激反应时，会出现脂质过氧化，MDA 是生物体脂质过氧化的重要产物之一，有较强的生物毒性，因此试验中可以通过检测机体 MDA 的含量来反映脂质的过氧化程度，从而间接反映细胞的损伤程度。SOD 是动物体内重要的抗氧化酶，广

泛分布于各种动物的体内。SOD 具有特殊的生理活性，是动物体内清除自由基的首要物质。它可以对抗与阻断因氧自由基对细胞造成的损害，并及时修复受损细胞。MDA 的测定往往与 SOD 的测定相配合，SOD 活性可间接反映机体清除氧自由基的能力，而 MDA 含量的高低又间接反映机体细胞受自由基损害的严重程度。综合肝脏、空肠和回肠中 MDA 含量和 SOD 活性来看，添加低剂量的屎肠球菌 SF68 可减少自由基和体内脂质的过氧化，并且抗生素和低剂量屎肠球菌 SF68 混合使用效果更好；CAT 是在生物演化过程中建立起来的生物防御系统的关键酶之一，其生物学功能就是催化细胞内的 H_2O_2 分解，进而防止过氧化。CAT 在机体不同组织中其活性高低不同，肝脏中 CAT 活性较高。本试验结果表明，LEF 组空肠和回肠中 CAT 活性较高，且 HEF 组血清 CAT 活性最低；而在肝脏中，ANT 组 CAT 活性较高。这说明在肠道抗氧化防御系统中，低剂量的屎肠球菌 SF68 所发挥的抗氧化作用较大。机体内的各种抗氧化大分子、抗氧化小分子和酶类总的抗氧化水平即体现了机体内的 T-AOC。从肝脏、空肠和回肠中 T-AOC 来看，ALEF 组和 LEF 组 T-AOC 较强，对肠道和肝脏的保护作用较好。综上所述，饲粮中添加低剂量的屎肠球菌 SF68 对减少断奶仔猪抗氧化应激效果较好。

4　结　论

① 饲粮添加低剂量的屎肠球菌 SF68 可降低断奶仔猪腹泻指数和 F/G，且 LEF 组和 ALEF 组效果相似。

② 饲粮中添加低剂量的屎肠球菌 SF68 可以提高血液中平均血红蛋白含量和淋巴细胞百分比，有利于机体氧的运输、新陈代谢能力的增强以及免疫性能的提高。

③ 饲粮中添加抗生素+低剂量屎肠球菌 SF68 可降低血清中总胆汁酸含量，提高血清中 LDH 活性，对肝脏有一定保护作用，并且能增强机体的糖代谢水平。

④ 饲粮中添加低剂量的屎肠球菌 SF68 可提高血清中 CHE 活性，增强肝脏的合成和储存功能。

⑤ 饲粮中添加低剂量的屎肠球菌 SF68 可提高断奶仔猪血清、肝脏以及回肠的 GSH 含量和 GSH-Px 活性，并降低肝脏、空肠和回肠 H_2O_2 含量以及回肠中 MDA 含量。

参考文献：

[1] 赵献芝,王阳铭,任志嘉,等.抗生素替代添加剂对优质肉鸡生产性能的影响[J].中国家禽,2011,33(18):29–31.

[2] ALKHALF A,ALHAJ M,AL-HOMIDAN I.Influence of probiotic supplementation on blood parameters and growth performance in broiler chickens[J].Saudi Journal of Biological Sciences,2010,17(3):219–225.

[3] 刘辉,季海峰,王四新,等.益生菌对生长猪生长性能、粪便微生物数量、养分表观消化率和血清免疫指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(3):829–837.

[4] ZHAO X,GUO Y M,GUO S S,et al.Effects of *Clostridium butyricum* and *Enterococcus faecium* on growth performance,lipid metabolism,and cecal microbiota of broiler chickens[J].Applied Microbiology and Biotechnology,2013,97(14):6477–6488.

[5] 葛龙,李波.屎肠球菌在饲用微生态制剂中的研究与应用[J].饲料与畜牧（新饲料）,2013(6):57–59.

[6] SAMLI H E,SENKOYLU N,KOC F,et al.Effects of *Enterococcus faecium* and dried whey on broiler performance,gut histomorphology and intestinal microbiota[J].Archives of Animal Nutrition,2007,61(1):42–49.

[7] CAO G T,ZENG X F,CHEN A G,et al.Effects of a probiotic,*Enterococcus faecium*,on growth performance,intestinal morphology,immune response,and cecal microflora in broiler chickens challenged with *Escherichia coli* K88[J].Poultry Science,2013,92(11):2949–2955.

[8] TARASOVA E,YERMOLENKO E,DONETS V,et al.The influence of probiotic *Enterococcus faecium* strain L5 on the microbiota and cytokines expression in rats with

dysbiosis induced by antibiotics[J].Beneficial Microbes,2010,1(3):265–270.

[9] 唐志刚,温超,王恬,等.在不同营养水平日粮中添加益生菌对肉鸡抗氧化功能、黏膜免疫及回肠菌群的影响[J].中国粮油学报,2013,28(1):70–75.

[10] KURITZA L N,LOURENCO M C,MIGLINO L,et al.Effects of *Enterococcus faecium* on diet in the dynamics of CD_4^+ and CD_8^+ cell infiltration in the intestinal mucosa of broilers challenged with *Salmonella minnesota*[J].International Journal of Poultry Science,2013,12(9):523–528.

[11] 王永.屎肠球菌对断奶仔猪促生长机理及应用效果的研究[D].硕士学位论文.济南:山东农业大学,2013.

[12] 文静,孙建安,周绪霞,等.屎肠球菌对仔猪生长性能、免疫和抗氧功能的影响[J].浙江农业学报,2011,23(1):70–73.

[13] LI W F,CUI Z W,RAJPUT I R,et al.Effect of *Enterococcus faecium* 1 (EF1) on antioxidant functioning activity of $CaCO_2$ cells under oxidative stress[J].Journal of Animal & Veterinary Advances,2012,11(13):2307–2312.

[14] VONDRUSKOVA H,SLAMOVA R,TRCKOVA M,et al.Alternatives to antibiotic growth promoters in prevention of diarrhoea in weaned piglets:a review[J].Veterinární Medicína,2010,55(5):199–224.

[15] ZEYNER A,BOLDT E.Effects of a probiotic *Enterococcus faecium* strain supplemented from birth to weaning on diarrhoea patterns and performance of piglets[J].Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,2010,90(1/2):25–31.

[16] GIANG H H,VIET T Q,OGLE B,et al.Growth performance,digestibility,gut environment and health status in weaned piglets fed a diet supplemented with potentially probiotic complexes of lactic acid bacteria[J].Livestock Science,2010,129(1/2/3):95–103.

[17] HUANG C H,QIAO S Y,LI D F,et al.Effects of *Lactobacilli* on the performance,diarrhea incidence,VFA concentration and gastrointestinal microbial flora of weaning pigs[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2004,17(3):401–409.

[18] MALLO J J,RIOPEREZ J,HONRUBIA P.The addition of *Enterococcus faecium* to diet improves piglet's intestinal microbiota and performance[J].Livestock Science,2010,133(1/2/3):176–178.

[19] 史自涛,姚焰础,江山,等.粪肠球菌替代抗生素对断奶仔猪生长性能、腹泻率、血液生化指标和免疫器官的影响[J].动物营养学报,2015,27(6):1832–1840.

[20] 罗侃,程晓莲,PETER J,等.断奶仔猪血红蛋白浓度与增重[J].猪业科学,2016,33(5):24.

[21] 黄怡,郭乾鹏,梁世忠,等.屎肠球菌对仔猪肠道健康的影响[J].动物营养学报,2016,28(4):968–973.

[22] 李阳,杜燕南.血清总胆汁酸(TBA)检测在肝病诊断及预后判断价值中的意义[J].医学理论与实践,2012,25(5):570–572.

[23] 邓健,徐金义,周一平.肝病患者血清胆碱酯酶及血清色氨测定的临床意义[J].衡阳医学院院报,2000,8(4):77–78.

[24] AYAZ M,CELIK H A,AYDIN H H,et al.Sodium selenite protects against diabetes-induced alterations in the antioxidant defense system of the liver[J].Diabetes Metabolism Research and Reviews,2006,22(4):295–299.

Effects of *Enterococcus faecalis* SF68 on Growth Performance, Blood Routine and Serum Biochemical Indexes and Antioxidant Ability of Weaned Piglets

FENG Baobao　FANG Wei　FENG Feifei　ZHAO Guoqi　HUO Yongjiu*

（*College of Animal Science and Technology*, *Yangzhou University*, *Yangzhou* 225009, *China*）

Abstract: This experiment was conducted to stufy the effects of dietary *Enterococcus faecalis* SF68 on growth performance, blood routine and serum biochemical indexes and antioxidant ability of weaned piglets. Ninety castrated "Duroc×Landrace×Yorkshire" weaned piglets with similar body weight [(6.57±0.08) kg] were randomly assigned to 4 groups with 3 replicates per group and 6 pigs per replicate (half male and half female). Pigs in the control group (CON group) were fed a basal diet, pigs in the antibiotic group (ANT group) were fed the basal diet supplemented with 0.007 5% chlortetracycline and 0.02% colistin sulfate, pigs in the antibiotic +low dose *Enterococcus faecalis* group (ALEF group) were fed the basal diet supplemented with 0.007 5% chlortetracycline, 0.02% colistin sulfate and 0.01% *Enterococcus faecium* SF68, pigs in the low dose *Enterococcus faecalis* group (LEF group) were fed the basal diet supplemented with 0.01% *Enterococcus faecium* SF68, and pigs in the high dose *Enterococcus faecalis* group (HEF group) were fed the basal diet supplemented 0.05% *Enterococcus faecium* SF68. The experiment lasted for 21 days. The results showed as follows: 1) there were no significant differences on the average daily gain (ADG), average daily feed intake (ADFI), ratio of feed to gain (F/G) and diarrhea index of weaned piglets among all groups (P>0.05). The diarrhea indexes of ALEF and LEF groups were decreased by 65% and 67% compared with the CON group, respectively. 2) The mean corpuscular hemoglobin (MCH), average red blood cell volume (MCV) and lymphocytes percentage in blood of LEF group were significantly higher than those of CON group（P<0.05 or P<0.01). 3) The serum total bile acid (TBA) content of ALEF group was significantly lower than that of HEF group (P<0.05), the serum lactate dehydrogenase (LDH) activity of ALEF group was significantly higher than that of HEF group (P <0.05), the serum cholinesterase (CHE) activity of LEF group was significantly higher than that of CON and HEF groups (P<0.05). 4) The serum hydrogen peroxide (H_2O_2) content of ALEF and LEF groups was significantly higher than that of

CON, ANT and HEF groups (*P*<0.05 or *P*<0.01), the superoxide dismutase (SOD) activity and total antioxidant capacity (T-AOC) in liver of ALEF and HEF groups were significantly higher than those of CON group (P<0.05). The jejunum H_2O_2 content of ANT, ALEF, LEF and HEF groups was significantly lower than that of CON group (*P*<0.05 or *P*<0.01), the jejunum SOD activity of ALEF group was significantly higher than that of ANT, LEF and HEF groups (*P*<0.05). The ileum SOD activity of ANT, ALEF, LEF and HEF groups was significantly higher than that of CON group (*P*<0.05 or *P*<0.01), the ileum malondialdehyde (MDA) content of ANT, ALEF, LEF and HEF groups was significantly lower than that of CON group (*P*<0.05 or *P*<0.01). The results indicate that the addition of *Enterococcus faecalis* SF68 in the basal diet can improve the growth performance of weaned piglets, reduce the diarrhea, improve the physiological and biochemical indexes of blood, enhance the ability of animal body oxygen transport and improve the immunity of the body, regulate lipid metabolism and energy metabolism, and enhance the antioxidant ability of the body, and the effect of LEF group is better than HEF group, but the mixed addition of antibiotics and *Enterococcus faecium* SF68 is better than that of the alone addition of *Enterococcus faecalis*.

Key words: *Enterococcus faecalis*; weaned piglets; growth performance; blood routine indexes; serum biochemical indexes; antioxidant ability

---

*Corresponding author, associate professor, E-mail: yjhuo@yzu.edu.cn （责任编辑　武海龙）